



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 157 135**

⑫ Número de solicitud: 009702613

⑤① Int. Cl.⁷: G01N 33/18

C12Q 1/02

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫② Fecha de presentación: **04.12.1997**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2001**

⑫③ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.08.2001

⑦① Solicitante/s:
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Avenida de los Castros s/n
39005 Santander, Cantabria, ES

⑦② Inventor/es: **Tejero Monzón, Juan Ignacio;**
Osa Olaizola, Juan José y
Gómez Fuentes, Claudio

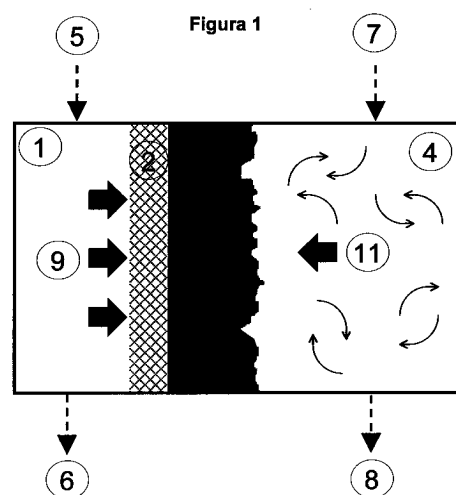
⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Respirómetro con biomasa fija sobre soporte permeable a gases.**

⑤⑦ Resumen:

Respirómetro con biomasa fija sobre soporte permeable a gases.

Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, caracterizado por el empleo de membranas permeables a gases como soporte para la biomasa y como parte del sistema de oxigenación. La oxigenación se produce a través de la membrana directamente a la biopelícula adherida a la misma. La determinación de la tasa de respiración se realiza midiendo la cantidad de oxígeno que se transfiere a través de la membrana y corrigiendo el efecto del oxígeno disuelto en el afluente.



DESCRIPCION

Respirómetro con biomasa fija sobre soporte permeable a gases.

Estado de la técnica

La caracterización y control de las aguas residuales y el control de su tratamiento requiere del desarrollo de técnicas analíticas cada vez más precisas, representativas y continuas. Algunos parámetros como la materia orgánica o los microorganismos patógenos, por la dificultad inherente de su determinación, se miden, en la actualidad, por métodos indirectos.

La materia orgánica, compuesta fundamentalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo, puede clasificarse en tres grandes grupos: proteínas, hidratos de carbono (azúcares) y lípidos (grasas). Para el estudio y control de la contaminación resulta más práctico clasificar la materia orgánica en 2 fracciones en función de su biodegradabilidad: materia orgánica biodegradable y materia orgánica no biodegradable. La biodegradable a su vez se divide en 2 fracciones en función de la velocidad a la que se degrada, que son: la materia orgánica rápidamente biodegradable (RBC: readily biodegradable compounds) y la lentamente biodegradable (SBC: slowly biodegradable compounds).

En el campo de la evaluación y control de la contaminación la fracción más importante de la materia orgánica, por los efectos que produce en el medio ambiente y por ser la que puede eliminarse mediante tratamientos biológicos, es la biodegradable. La determinación de parte de esta fracción se realiza mediante el método de la DBO₅, que consiste en incubar el agua problema con microorganismos durante 5 días en condiciones estándar y medir al final de este período la cantidad de oxígeno que han consumido los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable presente en el agua problema.

El desarrollo de la normativa en materia de depuración y vertidos, el avance hacia procesos de depuración cada vez más complejos y la exigencia de hacer que éstos procesos sean más eficientes y menos costosos, ha producido una necesidad de control en continuo y de manera precisa de las características del proceso, afluente y efluente. Ya que la materia orgánica biodegradable es el parámetro más importante, y el método de la DBO₅, al necesitar un período de incubación de 5 días, se muestra insuficiente para objetivos de control, se han desarrollado nuevos métodos y sistemas que permiten controlar este parámetro de forma continua. Entre estos cabe destacar los respirómetros.

Los respirómetros también miden la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos presentes o introducidos en el aparato mientras degradan la materia orgánica presente en la muestra, aunque el resultado de este método no es comparable directamente con el de la DBO₅ ya que las condiciones del ensayo son diferentes. Al imponer la legislación los límites de vertido en unidades de DBO₅, los resultados de los respirómetros deben de poderse convertir a unidades de DBO₅. Para ello puede realizarse una correlación entre ambas medidas que sólo será válida

para el tipo de agua con la que se ha realizado dicha correlación.

Las principales ventajas de los respirómetros respecto al método de la DBO₅ son: el tiempo requerido para el ensayo (que oscila entre 3 minutos y 1 hora) y la posibilidad de discernir entre materia orgánica rápidamente biodegradable y lentamente biodegradable.

Antecedentes

Patentes relacionadas con este invento son las siguientes: US 4783172; US 5025927 y US 5125262.

La respirometría ha sido desde las investigaciones de Warburg en la década entre los 50 y los 60 una herramienta muy útil en el campo de la investigación de la contaminación del agua. Estos últimos años la respirometría ha tenido un importante impulso por la necesidad de controlar de forma continua los procesos biológicos, induciendo el desarrollo de numerosos aparatos para realizar estas medidas. La mayoría de estos instrumentos se han enfocado a la determinación de la DBO, aunque también existen diseños orientados a la determinación de constantes cinéticas de degradación y de procesos de nitrificación, la determinación de fracciones del agua residual y la realización de test de toxicidad o el control de la toxicidad de corrientes de agua (Ros, M. (1993) *Respirometry of Activated Sludge*. Technomic Publishing Company Book) (Serrano, E. (1996) *Respirometría en Continuo*. Monitorización, Control y Protección de Procesos Biológicos en una EDAR. Jornadas Técnicas Neurtek Medio Ambiente S.A. Bilbao 11 de marzo de 1996) (STIP Siepmann und Teutscher GmbH (1997) *Catálogo Técnico "Continuous Short-Time BOD-M3 Measurement"*. Grob-Umstadt, Alemania).

Los respirómetros existentes en la actualidad miden variaciones en la concentración del oxígeno en el sistema. Estas variaciones se deben a cambios en factores como la respiración de la biomasa (tasa de respiración endógena) y la respiración debida a la asimilación de la materia orgánica por la biomasa (tasa de respiración exógena) (Ros, M. (1993) *Respirometry of Activated Sludge*. Technomic Publishing Company Book) (Lar Analytic (1997) *Catálogo Técnico "Biomonitor® On-Line Biological Oxygen Consumption Analysis for Accelerated BOD"*. Berlin, Alemania.).

Las medidas respirométricas pueden realizarse en sistemas cerrados (como las botellas Winkler) o en sistemas abiertos. Los respirómetros cerrados miden el consumo de oxígeno mediante cambios en la presión del sistema (respirómetros manométricos) o bien, mediante el control de la cantidad de oxígeno generado por una celda electrolítica para mantener la presión constante (respirómetros volumétricos). También existen respirómetros combinados, como el HACH, donde la medida final es el resultado de variación en volumen y presión (Ros, M. (1993) *Respirometry of Activated Sludge*. Technomic Publishing Company Book). Los equipos abiertos, se caracterizan por tener un suministro constante de aire, lo que permite mayores rangos de medida, y además pueden operar en continuo o de modo discontinuo, por lo que son adecuados tanto como equipo

de laboratorio o como instrumento de control de corrientes de agua o procesos.

Los respirómetros empleados para la medida de la DBO tienen una alta cantidad de biomasa, en suspensión o adherida a un soporte, cuyo objetivo es disminuir el tiempo necesario para la degradación de la materia orgánica rápidamente biodegradable, obteniendo una medida de la DBO_{ST} en un tiempo considerado razonable.

Los respirómetros se pueden dividir en dos grandes grupos: microsensors y sensores de tipo "reactor". Los primeros se caracterizan por ser instrumentos pequeños, poseer una biomasa acoplada a un sensor de oxígeno disuelto y utilizar cultivos puros o mixtos pero con control sobre la población seleccionada. Generalmente utilizan técnicas de encapsulación o retención de los microorganismos en el interior de membranas. El rango de medida presentado por los microsensors, varía considerablemente en función de la técnica empleada en su construcción, pero un rango usual se encuentra entre 0 y 80 mg/l. Los tiempos de respuesta oscilan en torno a los 10 minutos, aunque algunos autores han desarrollado sensores con tiempos de respuesta tan breves como 30 s (Tan, T.C.; Li, F.; Neoh, K.G. (1993) Measurement of BOD by Initial Rate of Response of a Microbial Sensor. *Sensors Actuators. B10*, n° 2, 137-142).

Un importante problema para la comercialización de estos sensores es el corto tiempo de vida útil que presentan, generalmente de días. Sin embargo ya se han descrito sensores con vidas útiles de 2 meses (Li, F.; Tan, T.C.; Lee, Y.K. (1994) Effect of Pre-Conditioning and Microbial Composition on the Sensing Efficacy of a BOD Biosensor. *Biosens Bioelectron* (England) 9, n° 3, 197-205) o superiores a los 16 meses (Sun, Y.; Liu, X. (1992) Study on a Long Life BOD Microbial Sensor. *Chin. J Environ. Sci.* 13, 4, 59-62). Estos sensores se ven afectados por variables tales como el número de microorganismos inmovilizados, el estado del cultivo al momento de realizar la inmovilización (OHKI, A.; SHINOHARA, K.; ITO, O.; NAKA, K.; MAEDA, S.; AKANO, H.; KATO, N.; KAWAMURA, Y. (1994) A BOD Sensor Using *Klebsiella oxytoca* AS1. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 56, 4, 261-269.), la especie elegida (Li, F.; Tan, T.C.; Lee, Y.K. (1994) Effect of Pre-Conditioning and Microbial Composition on the Sensing Efficacy of a BOD Biosensor. *Biosens Bioelectron* (England) 9, n° 3, 197-205), el pH y el acondicionamiento de los microorganismos al effluente de interés (Tan, T.C.; Li, F.; Neoh, K.G. (1993) Measurement of BOD by Initial Rate of Response of a Microbial Sensor. *Sensors Actuators. B10*, n° 2, 137-142; Kim, M-N. (1995) Yeast Loading BOD Biosensor. *Korean Journal of Mycology*. 23, 4, 354-358.).

Entre las ventajas de los microsensors se tienen la alta reproducibilidad de sus resultados, la capacidad de desarrollo de sensores altamente especializados mediante la selección de microorganismos para effluentes especiales (aguas industriales por ejemplo), elemento de medida de tamaño pequeño (adecuado para su uso en laboratorios)

y tiempos de medida relativamente cortos. Como principales desventajas se encuentran su corto tiempo de vida útil, problemas con las membranas, que pueden llegar a limitar el transporte de sustratos a los microorganismos y por lo tanto su respiración, y que estos sensores aún se encuentran en etapa de investigación.

Los respirómetros del tipo "reactor", al contrario de los microsensors, se caracterizan por utilizar cultivos suspendidos o fijados a un soporte compuestos por una gran variedad de poblaciones. Consisten esencialmente en un recipiente (reactor) dentro del cual ocurre en forma acelerada el proceso de degradación de la materia orgánica. En estos sensores, los tiempos de respuesta para la determinación de la DBO_{ST} oscilan entre los 3 y 30 minutos, con una media alrededor de 5 minutos. Su tiempo de vida es indefinido ya que la biomasa presente en el sistema se va renovando a medida de que éste se encuentra en operación, más aún muchos de los equipos utilizados para el control de plantas depuradoras, toman los fangos desde el mismo reactor que controlan (Lar Analytic (1997) Catálogo Técnico "Biomonitor® On-Line Biological Oxygen Consumption Analysis for Accelerated BOD". Berlin, Alemania; Neurtek Medio Ambiente S.A. (1997) Catálogo Técnico "Aplicaciones de los Analizadores de Laboratorio BM3". Gipuzkoa, España.). Otros sensores integran en su interior materiales con altas superficies específicas, con el objeto de ofrecer soporte a la biomasa y protegerla de los esfuerzos de corte causados por el régimen turbulento (STIP Siepmann und Teutscher GmbH (1997) Catálogo Técnico "Continuous Short-Time BOD-M3 Measurement". Grob-Umstadt, Alemania).

Los respirómetros tipo "reactor" pueden funcionar en continuo. Su funcionamiento batch es adecuado para laboratorios, aunque su mayor potencialidad se encuentra en la operación en continuo, lo que los hace adecuados para procesos de control de effluentes y procesos.

Las ventajas más importantes de este tipo de sistemas son su estabilidad, la brevedad de sus tiempos de respuesta y su versatilidad, la que les permite obtener información acerca de la toxicidad de una muestra, procesos de nitrificación o parámetros de los fangos activos, muchas veces en forma paralela a la medida de la DBO. Como principales desventajas, está la variación de la respiración endógena, lo que es especialmente importante cuando se realizan medidas en continuo y la necesidad de calibración del instrumento en forma rutinaria para obviar los cambios en la biomasa del interior del sistema.

Descripción de la invención

El presente invento consiste en un respirómetro para la determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno (y otros parámetros determinables por respirometría) de líquidos que contengan materia orgánica, que puede funcionar de modo continuo o discontinuo. Se distingue por la utilización de membranas permeables a gases como soporte de la biomasa (biopelícula) y como sistema de oxigenación y por medir el consumo de oxígeno por la biomasa presente en el sistema midiendo la cantidad de oxígeno que se transfi-

ere a través de la membrana. De este modo se evita la medida del coeficiente global de transferencia de oxígeno (K_{La}), que es el parámetro de obligada medida en el resto de los respirómetros. Este parámetro (K_{La}) por la dificultad que representa su medida precisa y por la cantidad de parámetros de los que depende, es el que induce mayores errores en los respirómetros existentes en la actualidad.

El presente invento consta de los siguientes elementos (aunque en determinadas condiciones pueden no emplearse algunos de ellos o emplearse algún otro): un depósito (reactor), membranas permeables a gases pero no al agua con forma plana, capilar o de fibras huecas, un sistema para la recirculación del aire, un sistema para la agitación del agua, una bomba para la alimentación del agua problema y otra para el agua de dilución, dos sensores de oxígeno disuelto, un medidor de flujo de gas (un sensor de oxígeno gaseoso, una o varias celdas electrolíticas, un sistema de medida volumétrico, una válvula métrica, un sensor de presión o cualquier otro) y un ordenador que registre en continuo los datos suministrados por todos los sensores, elabore los resultados, accione diversas electroválvulas y varíe los caudales de las bombas en función de las mediciones. El sistema se halla introducido en un baño termostático para mantener la temperatura del agua constante y a 20°C para que los resultados sean comparables.

El agua problema se introduce en un depósito estanco (reactor), resistente a la corrosión, que contiene membranas permeables a gases pero no al agua que se sitúan de forma que una cara de las membranas se encuentra en contacto con la cámara de gas y la otra cara con el agua problema. El aire puede hacerse circular por el interior de las membranas mediante una bomba de aire para impedir la formación de un gradiente de concentraciones de oxígeno en el sentido longitudinal de la membrana y para mejorar la transferencia del oxígeno a través de la membrana. En algún lugar de la cámara de aire o en uno de los conductos de recirculación del gas puede colocarse una trampa de CO₂, que puede consistir en un depósito que contiene una base (NaOH, LiOH, KOH, etc.) en forma sólida o en disolución, a través de la cual se hace circular el aire para eliminar el CO₂ de la cámara de aire y evitar así que interfiera con la medida. Para conseguir una buena mezcla del agua contenida en el interior del reactor se recircula el agua del reactor o se utilizan agitadores mecánicos u otros sistemas.

La membrana permeable a gases sirve de soporte a los microorganismos y de sistema de oxigenación de los mismos. Esto se consigue poniendo el agua problema en contacto con una cara de la membrana y la cámara de aire (que contiene una atmósfera con oxígeno) en contacto con la otra. El oxígeno se transfiere a través de la membrana por difusión en función del gradiente de concentraciones existente entre los dos lados de la membrana (Figura 1). El tipo de membranas utilizado puede ser cualquiera, siempre que permitan el paso del oxígeno y que su hidrofobicidad y su punto de burbuja permitan inmovilizar la interfase aire-agua en el exterior de los poros (en-

tendiendo como exterior la cara de la membrana en contacto con el agua) aunque son preferibles las membranas microporosas hidrófobas, con tamaño de poro apropiado, para evitar la colonización del interior de los poros por los microorganismos.

La disposición de las membranas debe ser tal que la superficie total de membrana expuesta al agua y la relación superficie membrana expuesta al agua / volumen líquido del reactor sea lo mayor posible y que la distancia entre las membranas sea suficiente para que al crecer la biopelícula sobre ellas no se toquen unas con otras y permitan el paso del agua entre las biopelículas.

La medida del consumo de oxígeno por los microorganismos se realiza midiendo la entrada de oxígeno por las 2 fuentes: la cámara gaseosa y el afluente; y la salida de oxígeno en el efluente. La medida de la cantidad de oxígeno que pasa a través de la membrana se realiza mediante un sensor de flujo de gas, un sensor de oxígeno, un sistema volumétrico, una o varias celdas electrolíticas u otros sistemas. La cantidad de oxígeno que entra y sale del sistema en forma de oxígeno disuelto en el agua problema se determina con dos sensores de oxígeno disuelto y un caudalímetro. A partir de estas medidas se realiza la determinación de la tasa de respiración.

La alimentación de oxígeno al sistema puede realizarse con aire a presión atmosférica, aire a presión, oxígeno a presión, cualquier mezcla de gases que contenga oxígeno, o mediante una o varias celdas electrolíticas.

El sistema puede funcionar de 2 formas:

1. Con la cámara de gas cerrada de modo que todo el gas que entre a la cámara debe de difundirse a través de la membrana. Midiendo el caudal de gas que entra a la cámara y conociendo su composición se sabe la cantidad de oxígeno que se ha transferido a la biopelícula (figura 2).
2. Consiste en mantener la cámara de gas abierta a la atmósfera de modo que el gas entre por un lado, circule por las membranas difundiéndose parte del oxígeno a través de las mismas hasta la biopelícula y el resto del gas salga por otro lado a la atmósfera. El caudal de gas que sale de la cámara de gas se mide y se controla al mismo tiempo que se puede medir y controlar la presión en el interior de la cámara de gas. Midiendo la composición del gas que sale de la cámara de gas y conociendo la composición del gas de entrada y el caudal de gas se conoce la cantidad de oxígeno que se ha transferido a través de la membrana (figura 3).

Existe la posibilidad de diluir automáticamente el agua de entrada al sistema cuando la carga orgánica aplicada al sistema supera un valor hasta alcanzar un valor inferior al prefijado. De este modo se consigue trabajar siempre dentro del rango de medida del sensor, sea cual sea la concentración del afluente o agua problema. El sistema puede funcionar de modo continuo, es decir, midiendo una corriente continua de agua proble-

ma, o en modo discontinuo.

Ventajas

Las ventajas del respirómetro descrito, debidas fundamentalmente a la utilización de membranas microporosas hidrófobas como soporte para la biomasa y sistema de oxigenación, son:

1. No necesita fango activo para funcionar, por lo que es utilizable en cualquier agua residual sin depender del suministro de fango activo.
2. Al mantener una elevada concentración de biomasa, las tasas de respiración obtenidas son muy altas, permitiendo una mayor precisión del aparato, tiempos de respuesta menores y amplios rangos de medida.
3. La medida directa de la aportación de oxígeno a la biopelícula a través de las membranas, evitándose los problemas derivados del cálculo del coeficiente global de transferencia de oxígeno (K_{LA}).
4. La biomasa presente en el respirómetro procede del agua que deseamos medir, resultando una medida más representativa de la misma.
5. Una vez colonizado el respirómetro puede utilizarse para aguas sin (o con pocos) microorganismos.
6. Puede funcionar en continuo o de forma discontinua.
7. Requiere poco mantenimiento.
8. La biomasa presente en el respirómetro resiste largos períodos sin alimentación de agua con materia orgánica.
9. Se producen pocas variaciones de la biopelícula una vez estabilizada, por lo que se disminuyen la necesidad de calibraciones repetitivas.
10. En el caso de utilizarse el sistema de celdas electrolíticas para la medida del consumo de oxígeno, y con el sistema funcionando en modo continuo, no es necesario disponer de una válvula para la evacuación del hidrógeno producido, ya que éste se difunde a través de la membrana hasta el agua.

Breve descripción de los dibujos

Figura 1:

Esquema de una biomembrana.

1. Cámara de gas.
2. Membrana permeable a gases (impermeable al agua).
3. Biopelícula.
4. Seno líquido.
5. Entrada de gas.
6. Salida de gas de la cámara de gas (opcional).

7. Entrada de agua al sistema (afluente).
8. Salida de agua del sistema (efluente).
9. Difusión del oxígeno a través de las membranas hacia la biopelícula.
10. Flujo de los subproductos metabólicos gaseosos de la biopelícula (CO_2 , Ácidos Grasos Volátiles, etc.) hacia la cámara de gas.
11. Flujo de nutrientes hacia la biopelícula.

Figura 2:

Esquema de un modo de realización del respirómetro.

12. Muestra
13. Agua de dilución.
14. Medidor de oxígeno disuelto.
15. Reactor con biomembranas.
16. Recirculación de agua.
17. Efluente.
18. Entrada de gas.
19. Medidor y regulador de presión.
20. Sensor de flujo de gas.
21. Punto para la toma de muestra de gas para su análisis.
22. Recirculación de gas.
23. Trampa de CO_2 .
24. Modulo de conexión de señales.
25. Ordenador con software para el almacenamiento de datos, procesado de los datos y comando de bombas válvulas etc.
26. Purga del circuito de recirculación.



Bomba



Válvula

— Línea de captación de datos.

..... Línea de comando de bombas.

— Circuito de agua.

... Circuito de aire.

Figura 3:

Esquema de otro modo de realización del respirómetro.

12. Muestra
13. Agua de dilución.
14. Medidor de oxígeno disuelto.
15. Reactor con biomembranas.
16. Recirculación de agua.
17. Efluente.

18. Entrada de gas.
19. Medidor y regulador de presión.
20. Sensor de flujo de gas.
21. Recirculación de gas.
22. Trampa de CO₂.
23. Modulo de conexión de señales.
24. Ordenador con software para el almacenamiento de datos, procesado de los datos y comando de bombas válvulas etc.
25. Purga del circuito de recirculación.
26. Medidor de composición de gas.



Bomba



Válvula

— Línea de captación de datos.

..... Línea de comando de bombas.

— Circuito de agua.

... Circuito de aire.

Ejemplo

Se describe, sin limitar las reivindicaciones, el funcionamiento de una planta piloto del proceso descrito con las siguientes particularidades (figura 2):

El respirómetro emplea membranas microporosas hidrófobas de polipropileno de forma capilar, es decir, con forma de tubo hueco, de la marca AKZO accurel PP, tipo S6/2, con un diámetro interno de 1800 micras, un espesor de pared de 450 micras y un tamaño de poro de 0,2 micras. El punto de burbuja de este tipo de membrana se sitúa en torno a 0,95 bares.

El respirómetro consta de un depósito (reactor), totalmente estanco, de forma cilíndrica de 95 mm de diámetro interno, 100 mm de diámetro externo y 164 mm de longitud, construido en metacrilato. Este reactor se encuentra dividido longitudinalmente en 3 cámaras por 4 planchas de metacrilato de 2 mm de espesor: una central (cámara de reacción), de 150 mm de longitud, que contiene el agua, las membranas y la biopelícula; y dos en los extremos, de 3 mm de longitud cada una, que son las cámaras de gas. El reactor contiene 140 fibras (membranas) de 154 mm de longitud, que atraviesan la cámara central del reactor y las paredes superior e inferior de la misma, quedando al ras de éstas y poniendo en contacto las cámaras de gas a través del hueco interior de las membranas. Las membranas se distribuyen uniformemente dentro de la cámara de reacción colocándose a una distancia suficiente entre sí para que, al crecer la biopelícula sobre ellas, no se toque una biopelícula con otra y permitan la circulación de agua entre ellas.

El agua se introduce al reactor mediante 2 bombas, una que alimenta el agua problema y la otra el agua de dilución. Los caudales de ambas bombas se controlan por ordenador en función de la concentración del agua problema para que no se sobrepase el límite de detección de los sensores. Cuando se utiliza como agua de alimentación agua residual urbana, ésta se diluye en torno a 5 veces para fijar la carga próxima a 50 g DBO/m²/d. La suma de los dos caudales debe ser siempre igual al caudal de entrada. El caudal de entrada en este caso es de 10 L/h para tener un tiempo de retención hidráulico de 6 minutos. La mezcla en el interior del reactor se consigue mediante una bomba de recirculación regulable, que puede llegar a recircular 600 L/h, colocada en un circuito externo. El volumen líquido del reactor incluyendo los conductos de recirculación es de 1 litro.

Se coloca un sensor de oxígeno disuelto en la entrada de agua al reactor y el otro en el conducto de recirculación de agua, ya que al ser un reactor de mezcla completa la concentración de oxígeno disuelto en el seno del reactor y por tanto en la recirculación será igual a la concentración del mismo en el effluente.

En los extremos superior e inferior del depósito existen dos cámaras de gas estancas, que se hallan conectadas través del espacio hueco interior de las membranas. Se hace recircular el gas de la cámara inferior a la superior mediante una bomba, por un circuito externo, forzando el paso del gas de la cámara superior a la inferior a través del hueco interior de las membranas, para mejorar la mezcla del gas, impedir la formación de gradientes de concentración de oxígeno en el interior de las membranas y mejorar la transferencia de oxígeno a través de la membrana. El oxígeno se difunde a través de la membrana hasta la biopelícula donde es consumido por los microorganismos. Al consumirse el oxígeno baja la presión en la cámara. Como el sistema de alimentación de oxígeno mantiene la presión constante en la cámara, el oxígeno consumido, se repone automáticamente. El oxígeno aportado por el sistema de alimentación entra a una de las cámaras previo paso por un medidor de flujo másico que lo cuantifica. Al entrar el oxígeno en la cámara se mezcla con el gas de la cámara y del resto del circuito de gas. Esta mezcla se ve favorecida por efecto de la recirculación de gas.

El CO₂ producido por la respiración de la biopelícula se difunde a la cámara de aire a través de la membrana y puede interferir con la medida. Por ello se ha colocado una trampa de CO₂ en el conducto de recirculación de gas, que consiste en un depósito estanco que contiene una disolución de NaOH a través de la cual pasa burbujeando el gas contenido en la cámara. El caudal de recirculación de gas es elevado para que el CO₂ se elimine rápidamente.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, consistente en un elemento de reacción compuesto por: un reactor biológico introducido en un baño termostático, con un sistema de agitación del agua, un sistema de alimentación de agua y otro de gas, y un sistema de medida del oxígeno consumido por el sistema; **caracterizado** por la utilización de membranas permeables a gases, pero no al agua, como soporte para la biomasa y como parte del sistema de oxigenación, pudiendo funcionar con la cámara de gas cerrada (es decir, sin salida de gas) de modo que todo el gas que entra a la cámara de gas se transfiere a través de las membranas; empleando un medidor de flujo de gas para la determinación de la cantidad de gas suministrada al sistema; y pudiendo funcionar de modo continuo o discontinuo.

2. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por el empleo de cualquier mezcla de gases que contenga oxígeno, para la alimentación de oxígeno al sistema, ya sea presurizado o a presión atmosférica, mediante botellas a presión, compresores, células electrolíticas o directamente de la atmósfera.

3. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado** por la posibilidad de emplear otro sistema de medida de la entrada de gas al equipo distinto al descrito en la reivindicación 1, como puede ser: una célula electrolítica, una válvula métrica, un medidor volumétrico o microvolumétrico.

4. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por la posibilidad de utilizar aparatos de medida de oxígeno disuelto para determinar la cantidad de oxígeno que consume el sistema procedente del oxígeno disuelto en el afluente.

5. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por el funcionamiento con una trampa de CO₂, consistente en un depósito, aunque también puede colocarse en la cámara de gas del mismo reactor, en el que se introduce un hidróxido, en forma sólida o en disolución, que se pone en contacto con el gas o mezcla de gases de la cámara de gas o se le hace pasar a través del mismo, burbujear cuando es una disolución, que reacciona con el CO₂ que pueda contener la fase de gaseosa eliminándolo de la misma.

6. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por agitar el agua contenida

en el reactor, para conseguir un flujo próximo a la mezcla completa, mediante la utilización de agitadores, bombas de recirculación de agua o cualquier otro sistema.

7. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por la posibilidad de hacer circular el aire, mediante una bomba y un conducto de recirculación, para aumentar la mezcla de gases en el interior de las membranas y en las cámaras de gas, y así evitar la formación de gradientes de concentración de oxígeno a lo largo de las fibras, para mejorar la transferencia de oxígeno y para eliminar más rápidamente el CO₂ que va apareciendo en la fase gaseosa como consecuencia de la difusión a través de las membranas del CO₂ producido por el metabolismo de la biopelícula fijada en la otra cara de la membrana.

8. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por la posibilidad de funcionar con alimentación de gas a presión y con la cámara de gas abierta a la atmósfera y medida del caudal de salida de gas y su composición mediante sensores.

9. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por la posibilidad de diluir el agua problema cuando la medida se sale del rango de alguno de los sensores, de que esta dilución se realice de forma automática y de que se registre para los cálculos de los parámetros de interés.

10. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** por la captación de los datos de los sensores por ordenador, la operación de los mismos mediante software para la generación de los resultados de los parámetros de interés y la automatización y control de los diversos elementos (bombas, válvulas, etc.)

11. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por la utilización de agua de dilución para reducir la concentración del agua afluente.

12. Dispositivo para la realización de medidas respirométricas de líquidos que contengan materia orgánica, de acuerdo con la reivindicación 1 a 2, **caracterizado** por la posibilidad de funcionar con la cámara de gas abierta a la atmósfera de modo que el gas entre por un lado, circule por las membranas difundiendo parte del oxígeno a través de las mismas hasta la biopelícula y el resto del gas salga por otro lado a la atmósfera; en cuyo caso la medida se realizará a partir del caudal de gas que entra y el que sale de la cámara de gas, la presión en el interior de la cámara de gas y la composición del gas que sale de la cámara de gas.

Figura 1

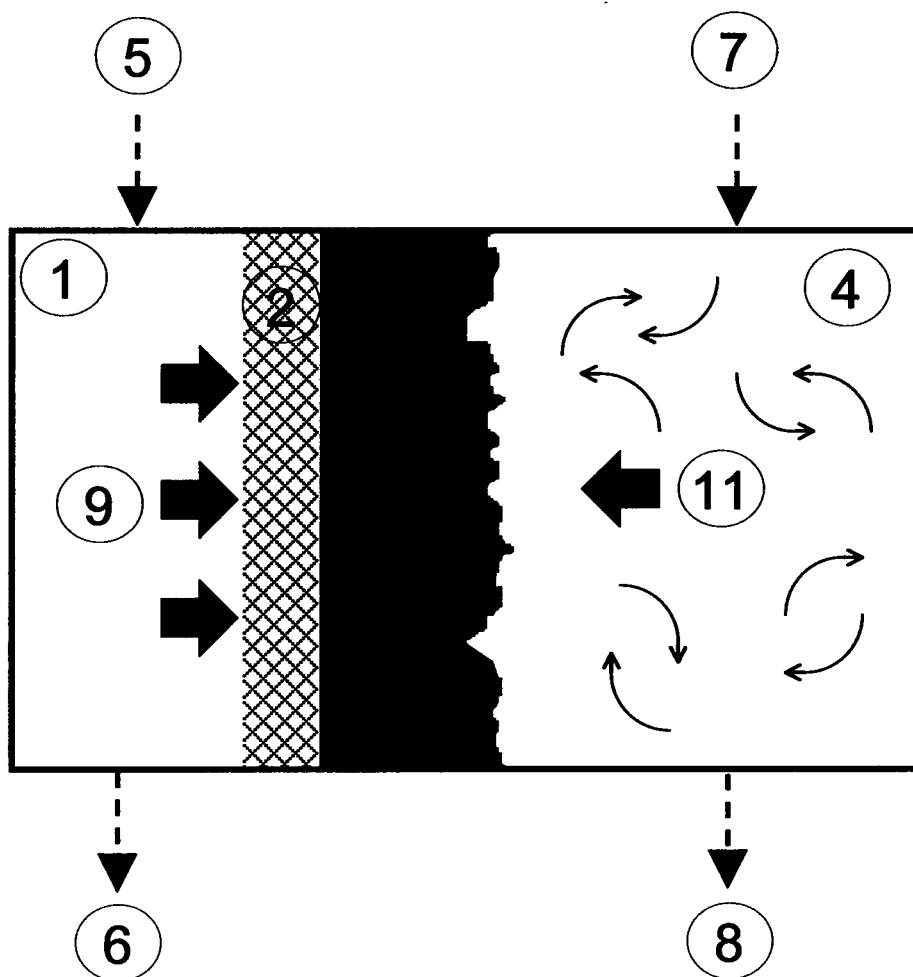


Figura 2

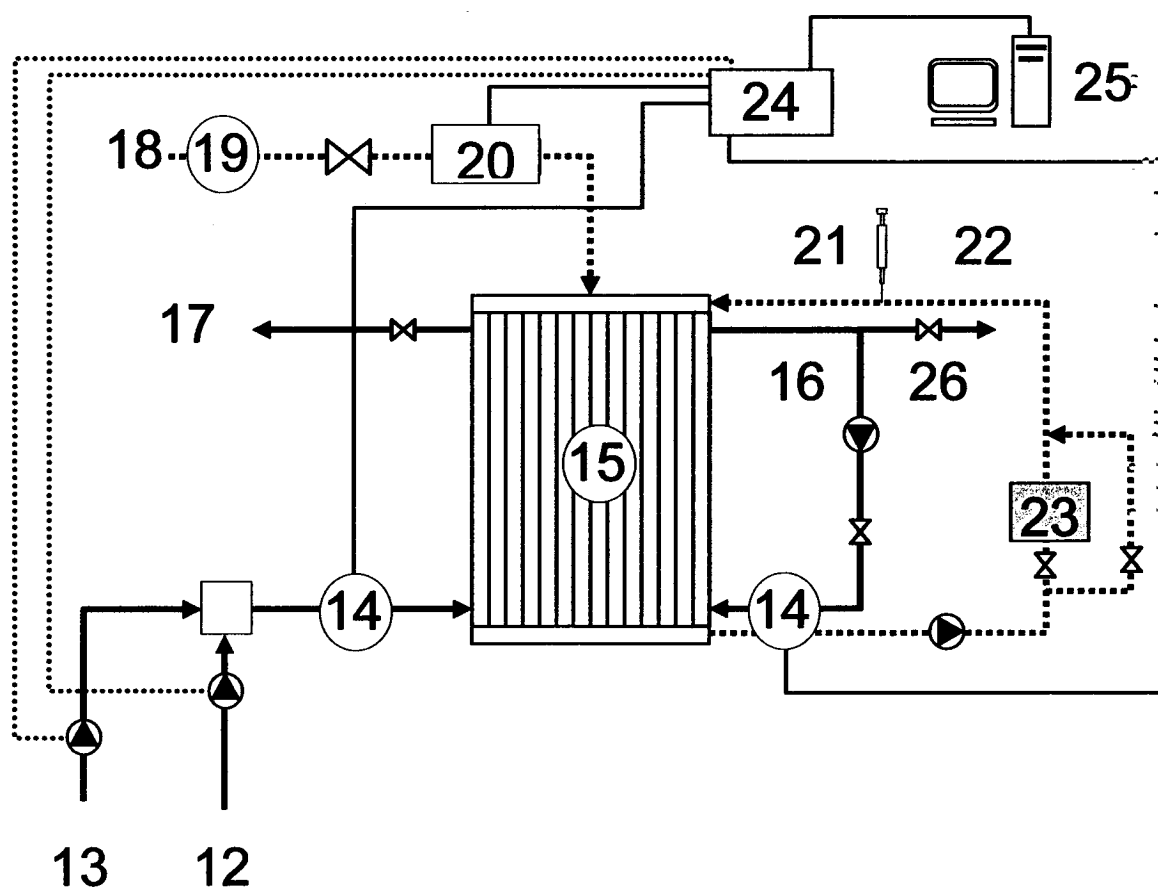
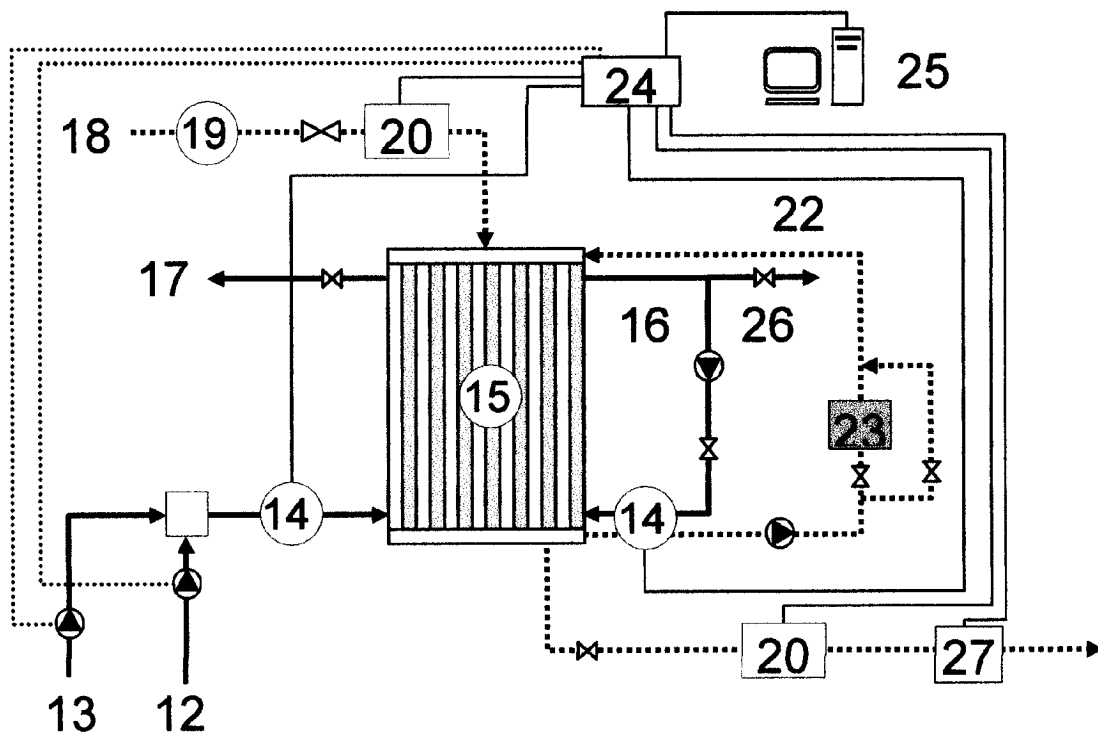


Figura 3





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ⑪ ES 2 157 135
⑫ N.º solicitud: 009702613
⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 04.12.1997
⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑮ Int. Cl.⁷: G01N 33/18, C12Q 1/02

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 3868223 A (ROBOCK et al.) 25.02.1975, todo el documento.	1-6,9-11
Y	EP 0511024 A (SOUTH WEST WATER PLC), columna 1, línea 35 - columna 2, línea 52; columna 5, línea 37 - columna 7, línea 15; figuras 9-11; resumen.	1-6,9-11
Y	US 4748127 A (SIEPMANN et al.) 31.05.1988, columna 5, línea 21 - columna 6, línea 13; figura 1; resumen.	1-6,9-11
A	US 1586291 A (AJINOMOTO) 18.03.1981, página 2, líneas 105-113; página 3, líneas 21-32.	1,3,12
A	US 5125262 A (GARG) 30.06.1992, columna 1, línea 41 - columna 2, línea 57; columna 4, líneas 38-56; columna 7, líneas 32-48; columna 11, líneas 42-48; columna 14, línea 33 - columna 16, línea 22; figura 7; resumen.	1-6
A	US 3731522 A (MIKESELL) 08.05.1973, todo el documento.	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe

07.06.2001

Examinador

J. Olalde Sánchez

Página

1/1